

Kan plansilon byggas billigare?

– En ekonomisk jämförelse av två konstruktionstyper

Cheaper building of bunker silo?

– A economical comparison between two types of constructions

Albin Kornbeck



Kan plansilon byggas billigare?

Cheaper building of bunker silo?

Albin Kornbeck

Handledare: Christer Nilsson, SLU, LBT

Examinator: Torsten Hörndahl, SLU, LBT

Omfattning: 10 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G1E

Kurstitel: Examensarbete för lantmästarprogrammet inom lantbruksvetenskap

Kurskod: EX0619

Program/utbildning: Lantmästare - kandidatprogram

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2012

Omslagsbild: Johanna Tell

Serietitel: nr: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Plansilo, Träsilo, Betongsilo, Tak, Dimensionering, Investeringskostnad, Avskrivningstid, Hållfasthet, Ensilering,



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsplanering,
trädgårds- och jordbruksvetenskap

FÖRORD

Inom lantmästare - kandidatprogrammet är det möjligt att ta ut två examina en lantmästarexamen (120 hp) och en kandidatexamen (180 hp). Ett av utbildningens obligatoriska moment är att genomföra ett självständigt arbete som skall redovisas som rapport och en muntlig presentation vid ett seminarium. Detta arbete kan t.ex. ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Detta arbete har genomförts under andra året och motsvarar 6,7 veckors heltidsstudier (10 hp).

Jag har själv blivit intresserad av byggnadskonstruktioner av plansilor, främst i trä efter att ha jobbat med sådana i flera år. Egna erfarenheter säger mig att tryckimpregnerat trä som byggmaterial till plansilo har lång livslängd, är bra ur ensileringssynpunkt och vid rätt utförande ger god hållfasthet. Därför ville jag undersöka om principen med prefabricerade betongelement framöver ska vara det enda alternativet eller om det ekonomiskt går att motivera att bygga plansilo i trä? Eftersom det finns många fördelar med att bygga med ett tak till sin silo ville jag även se om det går att räkna hem ett sådant bygge eller om det bara är en lyx att unna sig?

Ett varmt tack riktas till Carl-Harry och Johanna Tell som försett mig priser och information kring träplansilon. Tack till Christer Nilsson på SLU, Lantbrukets Byggnadsteknik som hjälpt mig få fram material kring plansilor i allmänhet. Slutligen tack till Abetong, Bygglant, Merasystem AB, Gällösa Betong och Lars Carlsson Trävaru AB för hjälp med priser på diverse material.

Alnarp, maj 2012

Albin Kornbeck

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING.....	3
SUMMARY	4
INLEDNING.....	5
BAKGRUND	5
MÅL.....	5
SYFTE	6
AVGRÄNSNING.....	6
LITTERATURSTUDIE.....	7
PLANSILON	7
<i>Hållfasthet</i>	7
<i>Lagringskapacitet</i>	8
<i>Utformning</i>	8
<i>Tak</i>	9
ENSILERINGEN.....	9
<i>pH</i>	9
<i>Mjölksyrabakterier</i>	10
<i>Lättlösliga kolhydrater (socker)</i>	10
<i>Kvalitetsanalys</i>	11
MATERIAL OCH METODER	12
RESULTAT	17
KOSTNADSBERÄKNING FÖR BETONGSILO MED RESPEKTIVE UTAN TAK	17
KOSTNADSBERÄKNING FÖR TRÄSILO	17
SEPARAT KOSTNAD FÖR TAK.....	18
LIVSLÄNGD FÖR BETONG RESPEKTIVE IMPREGNERAT TRÄ	18
DISKUSSION.....	19
SLUTSATSER.....	21
REFERENSER	22
SKRIFTLIGA.....	22
MUNTliga	23
UNDERLAG TILL KALKYLER	23
BILAGOR 1 - 3	24

SAMMANFATTNING

Vid bygge av plansilor finns idag nästan uteslutande konstruktioner med prefabricerade betongelement att välja på. Dessa har för närvarande en maximal vägghöjd på 4 m och att bygga med tak blir för många en alltför dyr investering. Plansilofack byggda enbart i trä var vanligare förr och de byggdes ofta med tak men anses idag inte klara av högre höjder och större laster. Både trä som material och framförallt ett tak innebär flera fördelar för en plansilo men det måste vara ekonomiskt försvarbart att bygga och hållbart att använda. Målet med studien var att jämföra en 4 m silo uppbyggd av prefabricerade betongelement med en träkonstruktion framtagen av Suntetorp Säteri som kombinerar trästolpar med betong i väggarna och har tak. I detta fall är lagringshöjden 4,5 m. Syftet med arbetet har varit att ta reda på om det finns alternativa lösningar som kan konkurrera med dagens betongelementsystem och göra taket till en lönsam investering. Uppgifter om träsilon kommer till stor del från en gård som nyligen byggt enligt Suntetorps modell. Eftersom Abetong AB är de enda som levererar 4 m väggar har jag tagit in offert från dem men eftersom de inte erbjuder tak har dessa uppgifter baserats på tidigare uppförda byggnader och offert på en fristående maskinhall ovanpå silon.

Resultaten visar att investeringskostnaden och årskostnaden blir lägst för träsilon om båda alternativen byggs med tak. Byggs inget tak på betongsilon blir investeringskostnaden något lägre än för träsilon (skiljer 1,6 %) men årskostnaden inkl arbete med underhåll och plast är lägst för träsilon i båda fallen. Träsilons största styrka är den låga kostnaden för taket (260 000 - 300 000 kr) och möjlighet till högre lagringshöjd. Svagheten blir att ansvaret för att byggnaden dimensioneras och konstrueras rätt hamnar hos lantbrukaren vilket medför större risker. Det medför också att till den relativt låga investeringskostnaden för träsilon kommer en projekteringskostnad som inte är med i kalkylen eftersom den är svår att uppskatta. Träsilons låga kostnad för taket gör att framtida studier av takets ekonomiska fördelar blir mer intressant än tidigare.

Slutsatserna blir att träsilon har den lägsta investeringskostnaden och årskostnaden med tak inkluderat. Kostnaden för enbart tak är lägst för träsilon. Träsilon lämpar sig bäst för den byggnadstekniskt kunnige eller entreprenören som vill erbjuda ett nytt alternativ på en annars ensidig marknad.

SUMMARY

When building bunker silos today, the constructions are almost exclusively made of pre-fabricated concrete elements. At present the maximum height of these is 4 m and building them with roof is often a too expensive investment. Bunker silos made of only wood were earlier more common and they were often built with roof but they are nowadays not considered able to handle the higher loads and pressures that often occur with higher walls and heavier packing machines. Both wood as a material and especially the ability to build a roof offers several advantages for a bunker silo but it has to be economical sustainable to build and able to handle heavy loads.

The aim with this study was to compare a silo with 4 m storage height built with prefabricated concrete elements, to a wooden construction made by the concept of Suntetorps Säteri. The silo from Suntetorp combines wooden posts with concrete in the walls and is equipped with roof. In this case the storage height is set to 4.5 m. The purpose has been to find out if there are any alternative solutions that can compete with concrete elements and also if the roof is a profitable investment on silos generally. Costs and information about the wooden silo comes from a farm that recently built according to the Suntetorp principles. Abetong AB is the only company that delivers walls with 4 m height and they have supplied me with the cost for building a concrete silo. Though they do not offer any roof, I've had to make assumptions about the cost based on earlier roof equipped clamp silos and also by looking at the cost for putting up a separate building over the silo.

The results show that both the investment cost and the annual cost are lower for the wooden silo than the concrete one if both are equipped with a roof. If no roof is built over the concrete silo the annual cost is still lower for the wooden silo but the investment cost is somewhat higher, but not much (differs 1.6 %). The biggest advantage for the wooden silo is the low cost for the roof if you look at it separately (260 000 – 300 000 SEK) and the possibility for a higher storage height. The weakness is that you are responsible for the design and construction and has nothing to fall back on if something goes wrong during or after the building process. This may increase working costs because of more time is needed to design the construction properly. This cost is not shown in the calculation of the wooden silo because it's hard to estimate. The low cost for the roof on the wooden silo makes studies of the roof's economic benefits more interesting than before.

The conclusions will be that the wooden silo has the lowest investment cost and annual cost with roof included. The cost of only the roof is lowest for the wooden silo. The wooden silo is best suited for the building technically knowledgeable or entrepreneur who wants to offer a new option on an otherwise one-sided market.

INLEDNING

Bakgrund

Vid bygge av plansilor har betong länge varit det mest förekommande valet av material i Sverige. Det förekommer att nya plansilor byggs i trä men det är ganska ovanligt och sker då i egen regi. Det som talar för betongsilor är framförallt att de är beprövade och att det finns flera återförsäljare som erbjuder färdiga lösningar för montering. Frågar man lantbrukare om plansilor i trä verkar det finnas en uppfattning att de är förenade med kort livslängd och att inte klara några större belastningar. Dock skiljer sig dagens träkonstruktioner väsentligt från äldre med t.ex. utåtsluttande rundvirke med stöttning från sidan. Plansilor med prefabricerade betongelement finns idag att tillgå med maximalt 4 m lagringshöjd (Abetong). Suntetorp Säteri i Västergötland, som tills nyligen hade eget impregneringsverk, tog för flera år sedan fram ett koncept med upp till 6 m lagringshöjd. Där består väggarna av impregnerade stolpar och betong mellan stolparna (se figur 3 och 4) för att ytterligare stabilisera och ta upp laster från foder och maskiner. Stolparna är bredast i basen och smalnar av uppåt. Det jag i arbetet benämner som ”träsilos” är en silo med träklädda väggar som fyllts med betong i nedre delen av väggarna. Det är alltså ingen konstruktion helt i trä.

Att bygga ett tak på plansilon har ett antal fördelar både ur fodersynpunkt och i arbetsbesparing. Att silor byggs med tak är inte speciellt vanligt då det medför en väsentligt högre kostnad som är svår att räkna hem (Holmqvist, 1978). Idag erbjuds inga färdiga lösningar för tak till betongsilor. Tak till betongsilor som byggs på senare år är ofta fristående byggnader, d.v.s. att bärande stolpar placerats utanför siloväggarna. Vid stora spännvidder finns exempel där montering av en stolprad mitt i silon behövs. Detta innebär att det mer eller mindre byggs en maskinhall ovanpå silon vilket självklart gör taket till en dyr post. Stöttas väggen (med eller utan betong) istället av trästolpar kan dessa förlängas uppåt för att bära taket. Detta ger en takkonstruktion som är integrerad med övriga plansilon och även stabiliserar (se figur 5).

Om fördelarna med tak kan omvandlas till kronor och den extra kostnad som ett tak innebär reduceras, tror jag att det finns en marknad för ett färdigt ”träsilokoncept” där en lagringshöjd över 4 m kan erbjudas.

För att få en bättre förståelse av vad som händer i en silo under ensilering har jag också valt att göra en fördjupning av ensileringsprocessen som en del av min litteraturstudie.

Mål

Arbetet skall jämföra investeringskostnad, avskrivning, underhåll och arbete för två typer av plansilor med likvärdig lagringskapacitet. Målet är att presentera svar på följande frågor:

- Vilken silo har lägst investeringskostnad?
- Vilken silo som har lägst årskostnad (avskrivning 15 år)?
- Hur stor del av den totala investeringen utgörs av takets kostnad?
- Vad skiljer i livslängd mellan betong och impregnerat trä?

Ett delmål är att undersöka möjligheten att köpa impregnerat virke direkt från impregneringsverk istället för en vanlig byggvaruhandel.

Syfte

Detta arbete är en förstudie, dels för egen del som ska ligga till grund vid beslut om bygge i framtiden och dels för att se om det finns anledning till ytterligare ekonomiska beräkningar av takets fördelar. Minskad investeringskostnad för ett tak ökar anledningen att räkna på takets fördelar.

Syftet är också att väcka en tanke hos lantbrukare att det kan vara värt att undersöka andra alternativ än ”vanliga” plansilofack med betongelement. Eventuellt att en entreprenör ser det som en möjlig företagsidé?

Avgränsning

Undersökningen jämför endast ovanstående två plansilokonstruktioner. Flera olika konstruktionsalternativ nämns i litteraturstudien men berörs inte djupare.

LITTERATURSTUDIE

PLANSILON

Hållfasthet

En plansilovägg måste klara påverkan från yttre påfrestningar, t.ex. väder, vind, syra och mekaniska skador från maskiner. Framförallt måste den klara belastningen från foder och pressvatten (statisk last) och packningsmaskin (dynamisk last) (Kangro, 1986). För att uppnå högre densitet och minskad ensilageyta som exponeras under inläggning går utvecklingen mot att bygga högre plansiloväggar och packa med tyngre maskiner. Ökad densitet i plansilon minskar lagringkostnaden/kg TS och kvalitén på fodret ökar eftersom mindre syre finns tillgängligt (Nilsson, 2011). Mindre exponerad yta innebär lägre TS-förluster i form av celandning (Cherney & Cherney, 1998). Mätningar gjorda i en lusersilo visade att en ökad densitet (från 160 kg TS/m³ till 320 kg TS/m³) sänkte TS förlusterna från 20 % - 10 % (Ruppel et al., 1995, cit. Nilsson, 2011).

Det finns idag dåligt med underlag för att kunna dimensionera för högre väggar och tyngre maskiner (Wachenfelt & Nilsson, 2012). De flesta rekommendationerna bygger på gamla mätningar, t.ex. Kangro (1986) och Holmqvist (1978) där den maximala höjden på väggen var 3 m. Nyligen gjordes en studie av den hydrostatiska lasten (pressvattennivån) i plansilor av Wachenfelt & Nilsson (2012). Syftet var att få fram hur högt pressvattennivån kan stiga i en silo för att sedan kunna använda det som underlag vid dimensionering av vägg och bottenplatta. Kangro (1986) angav att man ska räkna med en pressvattennivå 1,5 m under överytan, baserat på mätningar i en 2 m hög silo. För en silo med 4 m höga väggar skulle det innebära en pressvattennivå på 2,5 m.

I studien av Wachenfelt & Nilsson (2012) utfördes mätningar i silor med vägghöjden 3 respektive 4 m under två år (2010 och 2011). Mätning av pressvattennivån gjordes 14 dagar efter inläggning och igen efter 4 - 5 månader. Medelvärdet av mätningarna för pressvattennivån låg på 39 % av silohöjden, men för att ta hänsyn till stora spridningar av resultaten (främst beroende av varierande TS) bör man som riktlinje utgå från 60 % av plansilohöjden. De senare avläsningarna efter 4 - 5 mån visade att pressvattennivån kan omfördelas under de första månaderna. Läggs ett blötare skikt ovanpå ett torrare kommer pressvattnet med tiden vandra nedåt och blöta upp det torrare skiktet. Slutligen konstateras att fler mätningar i plansilofack behövs för att få fram mer data som kan ligga till grund för nya anvisningar för dimensionering av väggar. (Wachenfelt & Nilsson, 2012).

Lagringskapacitet

Vid projektering av silobygge dimensioneras silon för att ha tillräcklig lagringskapacitet och tillräckligt hög uttagshastighet (framförallt på sommaren) för att behålla fodrets kvalitet. För att hålla kostnaderna nere kan det vara lockande att bygga breda och korta silor eftersom den totala vägg längden blir mindre (Holmqvist, 1978). Förutom eventuella problem med uttagshastigheten blir det större exponerad yta vid inläggning och därmed ökade förluster (Cherney & Cherney, 1998). Enligt Cherney & Cherney, 1998, cit. McDonald et al., 1991, är *"cellandningen normalt den dominerande anledningen till att syre försvinner från silon"*. Kan silon byggas högre istället för bredare blir det mindre exponerad yta samtidigt som arean på bottenplattan blir mindre. I mätningar gjorda av Nilsson (2011) ökade också densiteten (kg TS/m^3) med upp till 8 % /m lagringshöjd. Det finns självklart gränser för vilka höjder som är praktiskt möjliga men som nämnts tidigare finns det praktiska exempel på silor med 6 m höga väggar som fungerar. Att ha en hög kapacitet vid inläggningen är också viktigt för att hålla nere förlusterna (Svedinger et al., 1995). Silobreddens bör därför inte vara mindre än att två maskiner kan packa samtidigt vilket ökar kapaciteten (Gunnarson et al., 2007)

Utförning

Siloväggarna har till uppgift att fördela de olika krafter som uppstår ner till grunden vilket kan göras på olika sätt. Holmqvist (1978) tar i sin skrift *Ensilagesilor* upp följande exempel på vilka stödkonstruktioner man kan välja.

- "Stöd fast inspända i marken"

Stolpformat stöd av trä, betong eller stål som gjuts ner i marken varefter väggmaterialet monteras. För ökad egen arbetsinsats bör stöd av stål eller trä väljas eftersom de underlättar väggmontering jämfört med betong.

- "Stöd, inspända i marken och försedda med sidosträva"

Liknande föregående variant fast med en sidosträva på utsidan förankrad i marken. Hjälper till att fördela och ta upp laster vilket gör att dimensionerna av stöden inte behöver vara lika grova.

- "Fristående element"

Betongelement som tar upp krafterna med stöd nedtill, antingen som ett L-stöd eller T-stöd. Finns också varianter utan stöd nedtill som ställs på en "profil" och gjuts ihop med bottenplatta (t.ex. Abetong). Enklare montering än med inspända stöd men mindre möjlighet till eget arbete.

- "Stöd kopplade till takstol"

Två- eller treledsramar där tak och vägg samverkar för att upp krafterna i silon. Väggmaterialet monteras på insidan av rambenen.

En materialbesparande metod som inte behöver någon sidoförankring är att schakta ur en slänt och använda jordmassorna som stöd. Hela konstruktionen kommer dock ta

mycket plats och kräver att de naturliga förutsättningarna finns, speciellt vid högre lagringshöjder då stora mängder jordmassor kommer gå åt Holmqvist (1978).

Av ovan nämnda konstruktioner är ”*fristående element*” mest förekommande. Ett ytterligare alternativ är ”platsgjutna” väggar (Johansson et al., 1982) där formning och gjutning sker på plats.

Tak

En plansilo med tak har både för och nackdelar, där den främsta nackdelen är att det blir ett dyrare bygge. Ytterligare en nackdel är risken för frysning av ensilaget vid kalla perioder eftersom snön inte kan isolera. Å andra sidan tillåter taket att silon täcks med halm som isolering (Johansson et al., 1982; Holmqvist, 1978). De främsta fördelarna är att taket skyddar mot regn vid skörd som kan ge stora förluster och spola bort mycket näring. Uttagningen underlättas vid snö och kyla vilket sparar arbete (Holmqvist, 1978). Taket ger skugga åt fodret under varma perioder. Temperaturen blir då lägre och risken för varmgång minskar. När ett fack blir tomt kan det användas till förvaring av maskiner, strömedel mm.

ENSILERINGEN

För lantbrukaren är optimal skördetidpunkt av grovfodret ett återkommande ställningstagande varje år. Tidpunkten för önskat näringsinnehåll ska matchas med rätt väderförhållanden. När beslutet att bärga grovfodret är taget är målet att uppnå en konservering med ett slutligt näringsinnehåll så likt originalgrödan som möjligt och med god smaklighet för djuren (Holmes, 1989). En misslyckad ensilering är ett slöseri på resurser och kostar pengar för företaget (Holmes, 1989).

pH

Ensilering innebär lagring under syrefria förhållanden och bygger på en snabb sänkning av pH för att undvika mikrobiell tillväxt (Helbo Bjergmark et al. 2000; Spörndly et al., 1988). Ett pH mellan 3,5 - 4,5 ger en säker lagring (Dwain Horrocks & Vallentine, 1999). Så låga pH-värden är det bara mjölksyrabakterierna som tål. Verksamheten hos andra oönskade mikroorganismer (t.ex. Enterobakterier och Clostridier) stannar därför av (Spörndly et al., 1988). Ett grovfoder med låg TS kräver ett lägre pH för att vara lagringsstabil jämfört med ett som är torrare. Det beror på att mikroorganismernas aktivitet ökar med hög andel vatten och eftersom pH-nivån samtidigt späds ut (höjer pH) blir mjölksyrabakterierna missgynnade (Dwain Horrocks & Vallentine, 1999). Istället kan oönskade mikroorganismer som trivs i högre pH utvecklas, t.ex. Clostridier. Clostridierna gynnas också av att en högre vattenhalt ökar deras tolerans för lågt pH (Spörndly et al., 1988).

Ett blötare foder innebär inte bara mer gynnsamma förhållanden för oönskade mikroorganismer utan också att det är mer svårensilerat, till detta finns flera orsaker. Som nämnts tidigare är utspädningen av pH en viktig orsak. De lättlösliga kolhydraterna som mjölksyrabakterierna använder som näring späds också ut. Det blir en minskad koncentration som följd och bakterierna får svårare att komma åt näringen. Risken ökar också för att pressvatten bildas som tar med sig kolhydrater från silon och därmed reducerar mängden socker för mjölksyrabakterierna (Spörndly et al., 1988). En torr förtorkad gröda har inte samma krav på snabb pH-sänkning som en blöt. Istället verkar det osmotiska trycket vara en viktig faktor för att missgynna oönskade organismers tillväxt, dessutom sänker förtorkning bufferkapaciteten som i sin tur underlättar ensileringen (Holmes, 1989).

Mjölksyrabakterier

När syret försvinner börjar de mjölksyrabildande bakterierna förbruka lättlösliga kolhydrater och förökar sig snabbt, från 2000 - 3000 upp till 1 miljon/gram foder på bara några timmar. Målet är att ha så hög andel mjölksyrabakterier som möjligt men det går inte att undvika bildning av andra syror t.ex. ättiksyra, och ibland smörsyra (Dwain Horrocks & Vallentine, 1999). Eftersom alla de andra syrorna är svagare än mjölksyran kommer deras utveckling leda till höjning av pH vilket ytterligare accelererar utvecklingen av oönskade mikroorganismer, som leder till ökad ammoniakbildning och TS-förluster (Spörndly et al., 1988).

Mjölksyrabakterierna är gram-positiva icke sporer och kan delas upp i heterofermentativa och homofermentativa (Cherney & Cherney, 1998). Indelningen görs efter hur de utnyttjar s.k. hexoser som är "*enkla kolhydrater med sex kolatomer, t.ex. glukos och fruktos*" (Spörndly et al., 1988). De homofermentativa är de mest önskvärda eftersom de bara bildar mjölksyra vid nedbrytning av hexoser och med mycket små förluster av energi och TS. Den heterofermentativa gruppen bildar förutom mjölksyra även ättiksyra/etanol och koldioxid, detta resulterar i betydande TS-förluster men energiförlusterna är fortfarande små. Eftersom heterobakterierna bildar energirika produkter under jäsning som t.ex. etanol, bibehålls eller t.o.m. ökar energikoncentrationen /kg TS (Spörndly et al., 1988).

Lättlösliga kolhydrater (socker)

En sänkning av pH från 5,8 - 4,8 kräver 10 ggr fler syrabildande bakterier än en sänkning från 6,8 - 5,8 (Dwain Horrocks & Vallentine, 1999). Detta ställer krav på att det finns tillräckligt med socker som ger en snabb pH-sänkning. pH-sänkningen gynnar mjölksyrabakterierna och ju blötare gröda desto viktigare är det med lågt pH. Är inte mängden socker tillräcklig blir inte mjölksyrabakterierna dominerande. Då får de konkurrens av framförallt Enterobakterier som också konsumerar kolhydrater. Enterobakterierna kan vidare bilda ammoniak och motverka pH-sänkningen som bl.a. gynnar Clostridier (Spörndly et al., 1988). Spörndly et al. (1988) citerar en tidigare studie som anger innehållet socker till minst 6-8 % av TS för att försörja mjölksyrabakterierna och uppväga förluster från andning och pressvatten. Spörndly et

al. (1988) ifrågasätter dock en definitiv undre gräns eftersom TS och buffringskapacitet spelar så stor roll. T.ex. börjar mjölksyrabakteriernas aktivitet avta vid 33 % TS och uppåt (Marsh, 1979, cit. Spörndly et al., 1988), vilket borde minska betydelsen av mängden lösliga kolhydrater för lyckad ensilering vid torrare ensilage.

Det är många faktorer som påverkar innehållet av socker vid skörd. Som nämnts tidigare har en förtorkad gröda med hög TS en högre koncentration socker. Olika grödor och även sorter har också olika innehåll av socker. Gräs innehåller generellt mer socker än baljväxter och har lägre buffringskapacitet vilket gör det mer lättensilerat, det har en högre "ensilerbarhet". En undersökning av Deinum (1966, cit. Spörndly, 1988) fann att växter som vuxit vid hög ljusintensitet och låg temperatur hade högst innehåll av socker och lägst innehåll hade de som vuxit i skuggiga områden med hög temperatur. Sockerinnehållet ökar med grödans utvecklingsstadium men kan minska snabbt efter axgång vilket konstaterades av Mejerland (2003) som bl.a. jämfört innehållet lösliga kolhydrater i tidigt och sent skördat ensilage. I försöket med blandvallsensilage var det signifikant mindre socker vid sen skörd medan en ren gräsvall inte uppvisade några större skillnader.

Kvalitetsanalys

En snabb och enkel bedömning av ensilagens kvalitet kan göras genom att lukta, känna och se på den ensilerade grödan men det kräver erfarenhet (Bjergmark et al., 2000). Enligt Spörndly et al. (1988) ska ett bra ensilage ha en frisk och syrlig doft med en ljusbrun eller lätt gulaktig färg. Vid för hög andel ättiksyra bildas en sur lukt och har det bildats smörsyra känns en stark och obehaglig lukt som biter sig fast på fingrar och kläder. Grödan ska behålla sin struktur under ensileringen. Blad som gärna skiljs från stjälken kan vara ett tecken på för hög temperatur under ensileringen. Är ensilaget slemmigt och oljigt och bladen även här skiljs från stjälken tyder de på en feljäsning (Breirem & Homb, 1970, cit. Spörndly, 1988).

För en mer noggrann kontroll av ensilagens kvalitet och näringsinnehåll bör en kemisk analys göras. pH-värde, innehåll av syror och andel ammoniumkväve är 3 viktiga parametrar som kontrolleras vid en kvalitetsanalys. Resultaten stäms sedan av med gränsvärden för att avgöra grödans kvalitet. Önskvärt pH ska inte ses som ett bestämt värde utan varierar med grödans TS. En låg TS-halt (under 25 %) ökar mikroorganismernas aktivitet och en pH-nivå under 4,2 rekommenderas. Vid TS-halter runt 30 % anses ett pH på 4,5 vara tillräckligt. Höga TS-halter hämmar tillväxten av oönskade mikroorganismer. Därför är pH-värdet vid TS-nivåer över 30 % inte något bra mätvärde för en lyckad ensilering (Spörndly et al., 1988).

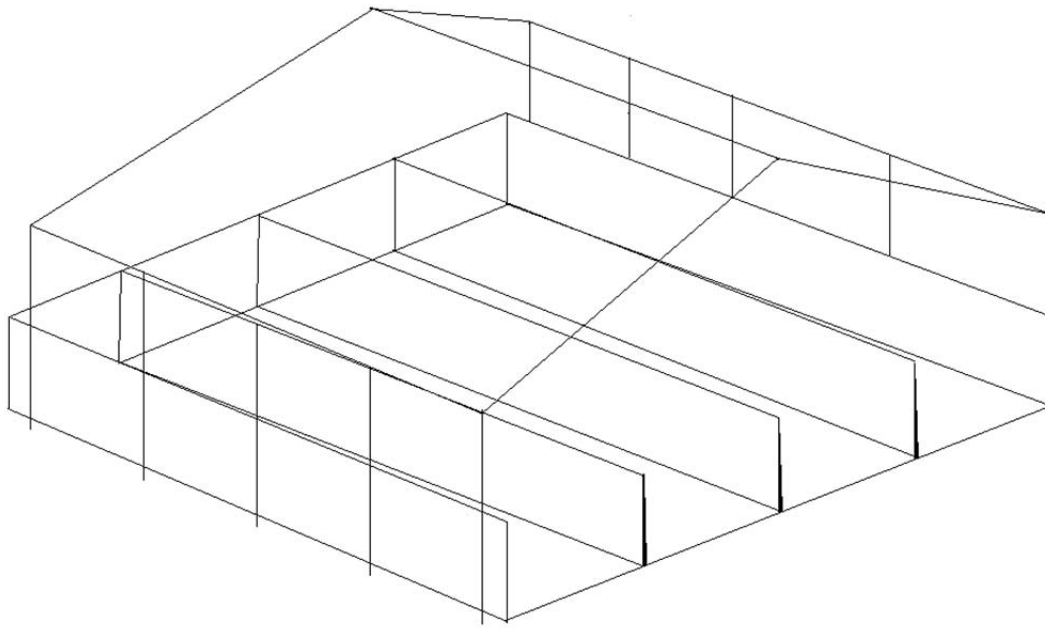
MATERIAL OCH METODER

För att få en rättvis jämförelse av kostnaden mellan två plansilor behöver lagringskapaciteten vara ungefär lika. Eftersom uppgifter om träsilon (Figur 2) till stor del byggde på en befintlig silo (Backa Gård, Varnhem) valdes storleken på betongsilon (Figur 1) så att den matchade träsilon.

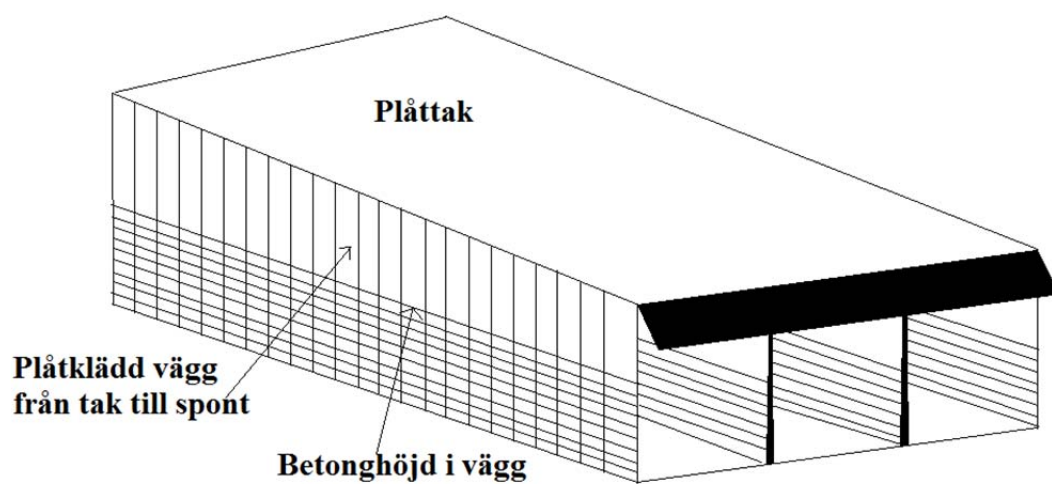
Den studerade träsilon hade följande dimensioner: Vägghöjd: 4,5 m, bredd: 3 x 8 m, längd: 35 m. Detta innebar en lagringsvolym på 3043 m³ och en teoretisk lagringskapacitet på 749 ton TS (246 kg TS/m³). Närmare utformning framgår av figurerna 2 – 5. Betongsilon valdes utifrån Abetongs sortiment. Den hade följande dimensioner: Vägghöjd: 4 m, bredd: 4 x 8 m, längd: 30 m. Detta innebar en lagringsvolym på 3087 m³ och en teoretisk lagringskapacitet på 735 ton TS (238 kg TS/m³).

Priser för betongsilon (Figur 1) erhöles från Abetong och redovisas i Bilaga 1. I offerten ingick allt material, montering och fastgjutning av fundamenten, invändig fogning av väggelement och gjutning av plattan. För att räkna ut kostnaden för markarbete innan gjutning användes fakturerade priser från Backa Gård korrigerade för egna ändringar, t.ex. mindre avlastningsplatta. Eftersom Abetong inte kunde tillhandahålla offert för ett tak baserades de kostnaderna på uppgifter som erhöles vid telefonsamtal med lantbrukare som byggt med tak och en offert på ”maskinhall” från Bygglant (Bilaga 4).

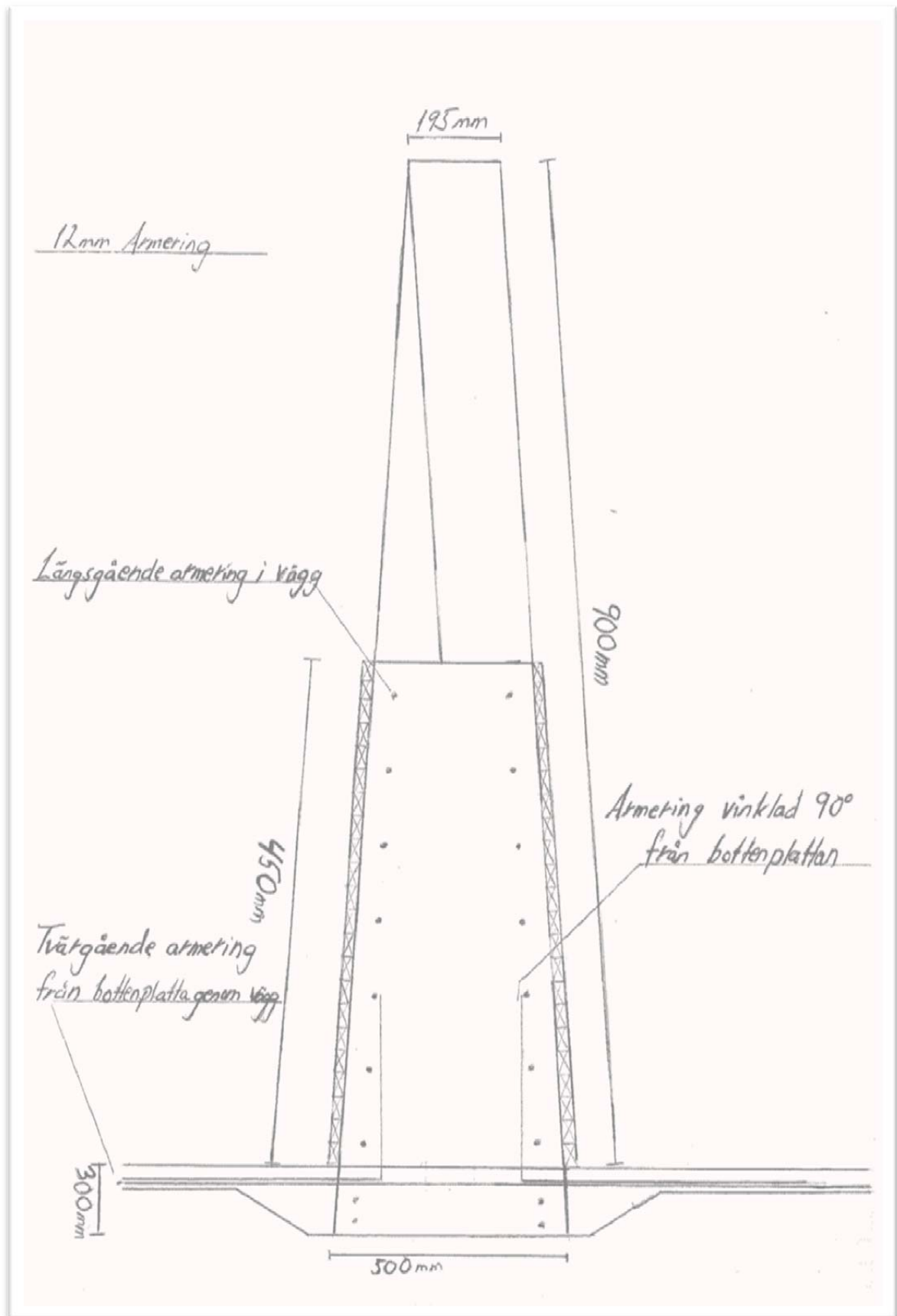
Av Backa Gård erhöles uppgift om alla kostnader och allt material som gått åt vid byggandet av träsilon (enligt figur 2). I undersökningen valde jag att bara använda mig av deras arbetskostnad och kostnad för förbrukningsmaterial (spik, skruv mm). För resterande material använde jag mig av mängderna men priser inhämtades från andra leverantörer. Detta gjordes för att få en bild av vad det kostar hos andra leverantörer och få så dagsaktuella priser som möjligt. Priser inhämtades antingen via hemsidor eller genom offertförfrågningar via telefon (Bilaga 2).



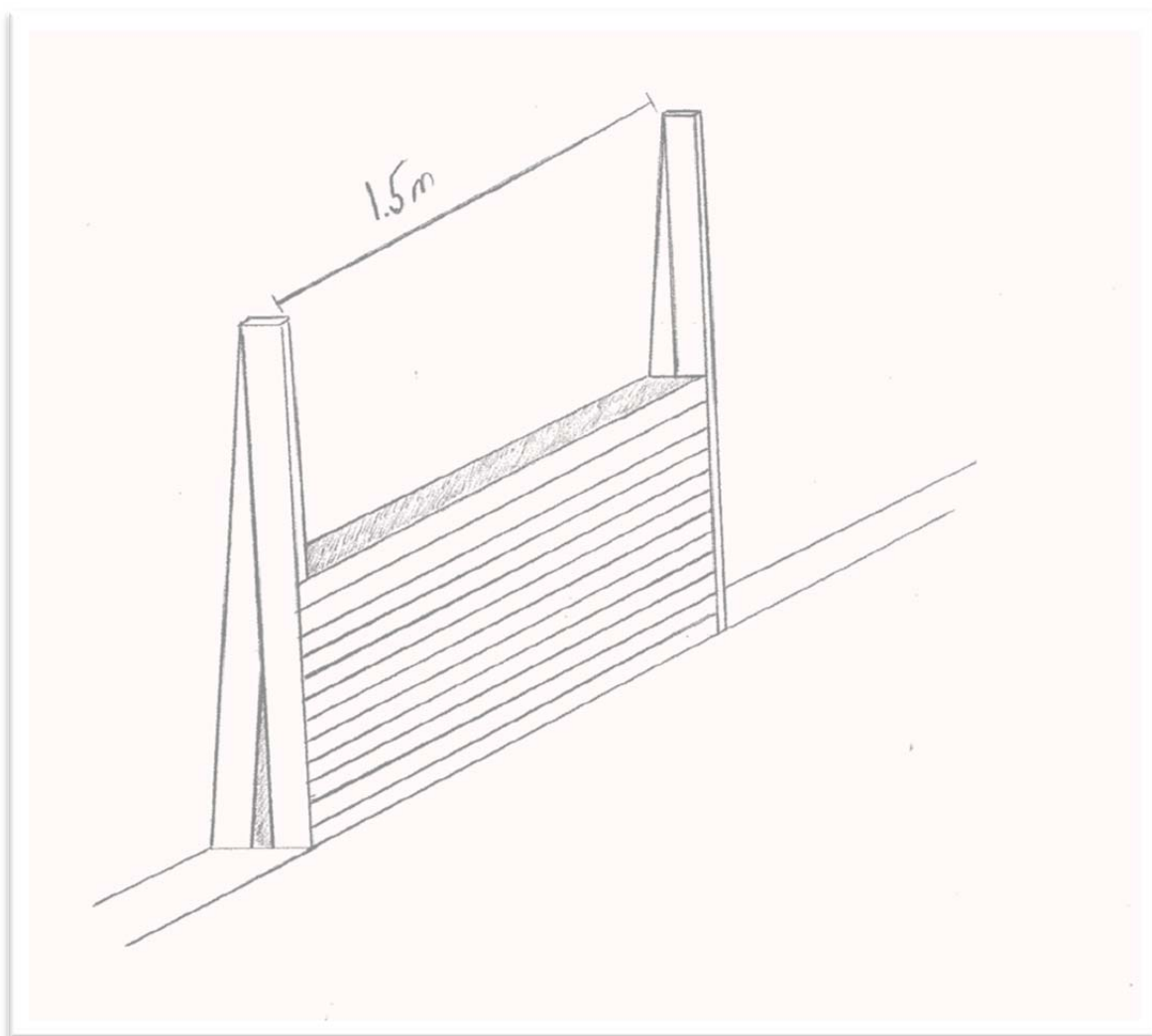
Figur 1. Studerad plansilo i betong med fristående tak. Väggarna är plåtklädda ner till betongelementen (framgår inte av bilden). Dimensioner: Lagringshöjd: 4 m, bredd: 4 x 8 m, längd: 30 m.



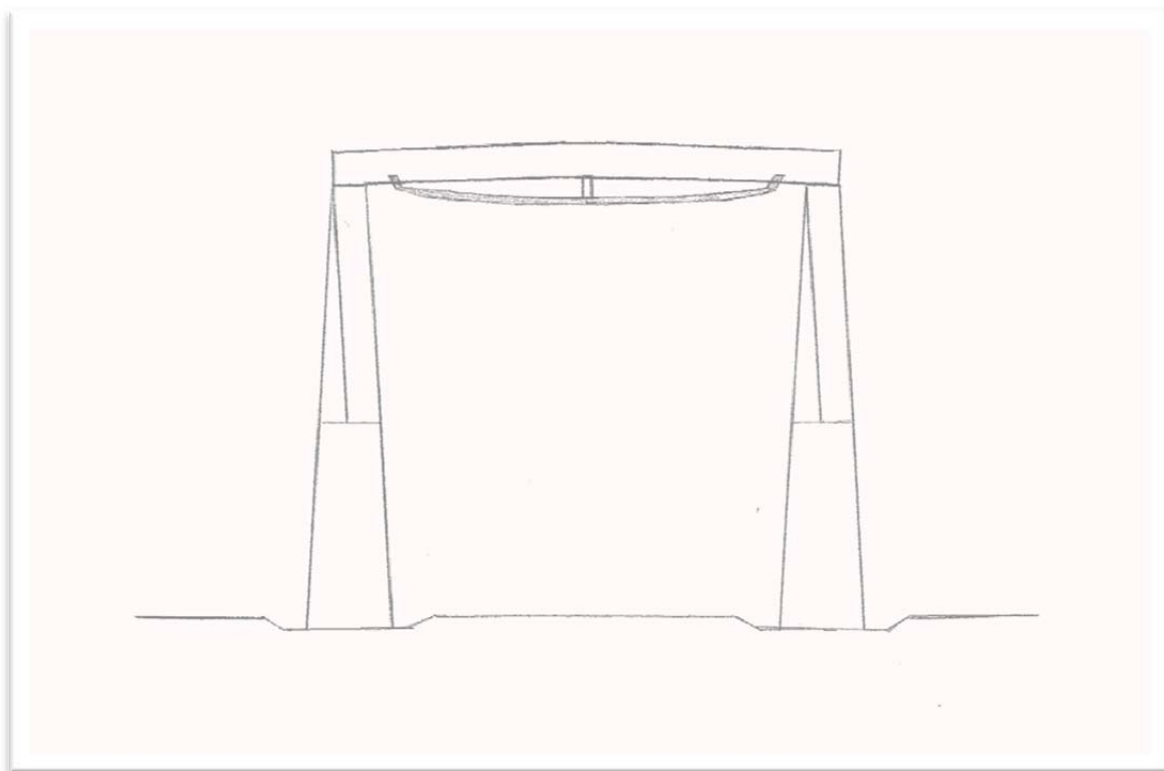
Figur 2. Studerad plansilo i trä med gjutna, brädklädda väggar (4,5 m betonghöjd). Dimensioner: Lagringshöjd: 4,5 m, bredd: 3 x 8 m, längd: 35 m.



Figur 3. Genomsnitt av träsilovvägg (ej skalenlig ritning).



Figur 4. 1,5 m sektion av vägg, armering ej inritad (ej skalenlig ritning).



Figur 5. Sektionsritning av mittfack med förspänt tak. Förspänningen hålls uppe av ett 6 mm plattstål fäst i båda ändarna och en trädistan i mitten (ej skalenlig ritning).

RESULTAT

Kostnadsberäkning för betongsilo med respektive utan tak

I Tabell 1 redovisas beräknad investeringskostnad, kostnad per år vid 15 års avskrivning och, för att ta hänsyn till lagringskapacitet, även kostnad per år och ton TS. De olika posterna redovisas separat med en summering längst ner utvisande den slutliga kostnaden, med respektive utan tak. Avskrivningstiden, 15 år, är vald enligt Jordbruksverkets kostnadsdata (2003). En detaljerad kostnadsredovisning återfinns i bilagorna 1 och 3.

Tabell 1. Sammanställning av kostnadsberäkning för betongsilo (Abetong)

	År 1	Per år (15 års avskrivning)	Per år och ton TS
Investeringskostnad	1 837 432	122 495	166,00
Underhåll	0	4 896	6,70
Driftskostnad	0	13 586	18,50
Tak	1 173 960	78 264	106,50
Summa (utan tak)	1 837 432	140 977	191,20
Summa (med tak)	3 011 392	200 759	267,70

Kostnadsberäkning för träsilo

På motsvarande sätt som för betongsilon redovisas beräknade kostnader för själva träsilon i Tabell 2. Dock redovisas kostnaden för tak separat nedan.

Tabell 2. Sammanställning av kostnadsberäkning för träsilo

	År 1	Per år (15 års avskrivning)	Per år och ton TS
Investeringskostnad	1 866 377	124 425	166,00
Underhåll	0	0	0
Driftskostnad	0	8 325	11,10
Summa	1 866 377	132 750	177,10

Separat kostnad för tak

De beräknade kostnaderna för tak (material och arbete) uppgick till följande:

- Träsilo: 260 000 – 300 000 kr.
- Betongsilo: 1 173 960 SEK (Bilaga 3).

Livslängd för betong respektive impregnerat trä

Den valda avskrivningstiden på 15 år torde vara realistisk och kunna användas för båda silotyperna. En rätt underhållen plansilo i betong ska ha en livslängd på minst 30 år (Bärneskär, 2006, cit. Strid & Flysjö, 2007). För att undvika vittring av betongen som orsakas av ensileringsprocessens sura miljö, ska betongsilon ytbehandlas minst vart tredje år med asfaltsfärg eller liknande Enligt Svensk träskyddsförening (2012) ska tryckimpregnerat motstå röta i minst 20 år utan underhåll.

DISKUSSION

Resultatsammanställningarna visar att både investeringskostnaden och årskostnaden är lägre för träsilon jämfört med Abetongs silo när båda jämförs med tak. Byggs inget tak över Abetongs silo blir den något billigare i investeringskostnad men har fortfarande en högre årskostnad. Offerten från Abetong är nästintill totalentreprenad där de ansvarar för gjutning av bottenplatta, armering, formning mm. Beställaren ska kostnadsfritt ställa upp med 3 man att hjälpa till med detta. Görs arbetet mer i egen regi och Abetong bara levererar och monterar väggelementen går det säkert att komma ner en del vad gäller priserna i Bilaga 1. Intressant är att det skiljer så mycket i pris när det i träsilon används nästan dubbelt så mycket betong i väggarna jämfört med volymen av alla färdig element från Abetong. En förklaring kan vara att det är en kostnad att forma de prefabricerade betongelementen, medan formningen i träsilon är en del av byggnaden som står kvar efteråt. Det ska tilläggas att offerten från Abetong bara visar ett totalpris och specificerar inte kostnad för betong, transport, arbete mm.

Att exakt räkna ut en separat kostnad för tak är svårt i båda fallen. Träsilon blir ca 165 000 kr billigare i materialkostnad utan tak och då är alla väggstolparna 5,5 m höga. Läggas arbete på borde det bli ungefär 260 000-300 000 kr billigare. Avsaknaden av ett "takkoncept" från Abetong gör det svårt att fastställa ett pris. Samtal med två lantbrukare som byggt plansilo med tak för ca 10 år sedan och en offert på en maskinhall indikerar ett genomsnittligt m²-pris på 1087 kr. Priset för taket till betongsilo blir då 1 173 960 kr (Bilaga 3). Priset kan variera beroende på konstruktion, leverantörer, byggfirma mm men det ger ändå en indikation på merkostnaden för ett fristående tak.

Att få tag på impregnerat virke visade sig vara svårare än från början förväntat och krävde många samtal innan något företag hittades som kunde leverera. Ordern är för detaljerad och stor för att göras hos en vanlig bygghandel och för liten för de stora såg-/impregneringsverken som nästan uteslutande riktar sig till handeln. Fick till slut tag på ett mindre impregneringsverk som kunde leverera till ett bra pris. Kostnaden för extra samtal och tid blev därför inte särskilt stor. Alla företag erbjuder inte fingerskarvat virke. Från ett företag erhöles istället en offert med limträbalk. Den blev nästan 3 gånger så dyr som den som använts i Bilaga 2.

Takets fördelar blir mer påtagliga i områden med mycket snö och kyla, men en regnskur på en otäckt silo vid inläggningen spolar bort både socker och andra näringsämnen och som framgår av litteraturstudien kräver mjölksyrabakterierna att det finns tillräckliga mängder socker för att sänka pH. I framtiden bör därför mer djupgående studier kring takets fördelar göras för att kartlägga investeringsutrymmet för ett tak. För att kunna fastställa värden för dimensionering av väggar behövs också ytterligare studier av de laster som uppstår vid högre lagringshöjd. Jag har i mitt arbete utgått från att i en betongsilo bör väggarna plastas för att inte ensilaget ska komma i kontakt med betongen som med ett högt pH försämrar ensileringen. Jag har dock inte funnit några uppgifter på hur stora förluster som kan uppstå vid lagring utan plast, undersökning av detta skulle belysa betydelsen av lågt pH i siloväggarna och om inplastning är lönsam eller ej. Plastning eller plastbehandling av betongen är emellertid

positivt på så sätt att den skyddar betongen för kemisk nedbrytning varvid silons livslängd ökar. En fördel för träsilons takkonstruktion är att den gör det möjligt för vidare utbyggnad av silon. På betongsilon försvåras detta eftersom stolparna hamnar utanpå väggarna och taket i regel är brutet på mitten vilket också försvårar.

Den teoretiska livslängden är 10 år längre för en rätt underhållen (lagning, skyddsbehandling etc.) betongsilo jämfört med träsilon. Det är även rimligt att anta att en väl skött betongsilo kan hålla i mer än 30 år. Bristande underhåll kan emellertid förkorta livslängden avsevärt, varför det är svårt att ange en generell livslängd. Det som slits mest på träsilon är det spontade virket som väggarna är klädda med. De är i direkt kontakt med ensilaget och kan utsättas för mekanisk påverkan vid uttagning. Dessa byts emellertid relativt enkelt vid behov så länge stolparna i väggarna är i bra skick. Eftersom väggstolparna är skyddade från både regn och pressvatten bör deras livslängd vara väl över 20 år. Det är därför svårt att säga generellt vilken silo som har längst livslängd då skötsel också spelar in. Men likväl som det finns betongsilor som hållit i över 30 år så finns det träsilor under tak med samma livslängd.

Jag bedömer resultatets säkerhet för de båda silotyperna (förutom tak till betongsilo) som god eftersom siffrorna bygger antingen på offerter eller fakturerade priser. En del uppgifter kring arbetskapacitet bygger på egna uppskattningar och kan så klart variera men felmarginalen påverkar inte slutresultaten nämnvärt och drabbar i de flesta fallen båda silorna lika mycket. Resultaten ska inte ses som generella för alla storlekar av silor. Bl.a. så finns vid 3 m lagringshöjd fler leverantörer av väggelement och därför borde priserna där vara mer pressade. Underlaget för tak till betongsilor är mindre säkert eftersom det baseras på ungefärliga uppgifter från lantbrukare och offert på en maskinhall. Kostnaden för tak till träsilon är ändå svårslagen tack vare att konstruktionen är integrerad i väggarna och ökad lagringshöjd minskar ytan som behöver täckas.

Resultatet för träsilon blir väldigt bra med betydligt lägre investerings- och årskostnad. Den största svagheten för den här sortens träsilos beräkningarna baseras på är att den än så länge bara byggts i egen regi och utan någon närmare konkret dimensionering ställer det stora krav på lantbrukaren att på egen hand lösa konstruktionen. Även om det finns byggnader att utgå ifrån tar den som bygger en större risk. Om det skulle bli något fel eller att byggnaden inte håller får lantbrukaren ta hela kostnaden själv. Därför finns det en projekteringskostnad som inte ligger med i kalkylen för träsilon eftersom den är svår att uppskatta. Träsilons svaghet blir betongsilons styrka som kan erbjuda trygghet, garantier och utelämnande av många tekniska detaljer till någon annan.

SLUTSATSER

Följande slutsatser kan dras av undersökningen:

- Investeringskostnaden och årskostnaden är lägst för träsilon då båda jämförs med tak.
- Den separata takkostnaden är lägst för träsilon.
- Träsilon lämpar sig bäst för den byggnadstekniskt kunnige eller entreprenören som vill erbjuda ett nytt alternativ på en annars ensidig marknad.

REFERENSER

Skriftliga

Abetong. Faktablad [online] 2011-01. Aconprotect - Skyddar betong från syraangrepp. Tillgänglig: <http://www.heidelbergcement.com/NR/rdonlyres/6C99230B-5A2F-4326-A15D-AECBF5282FBD/0/541.pdf> [2012-05-10]

Agriwise. Hemsida [online] 2012-01-04. Tillgänglig: <http://www.agriwise.org/Databoken/databok2k12/databok2012htm/index.htm> [2012-05-11]

Breirem, K. & Homb, T. (1970). *Förmidler og förkonservering*. Gjøvik: Forlag Buskap og Avdrått AS.

Cherney, J.H. & Cherney, D.J.R. (1998). *Grass for Dairy Cattle*. Oxon. 223 – 245. New York: CABI Publishing

Dwain Horrocks, R. & Vallentine, J. (1999). *Harvested Forages*. Sand Diego, London: Academic Press.

Gunnarson, C., Spörndly, R., Rosenqvist, H., Sundberg, M. & Hansson, P.A. (2007) *Optimering av maskinsystem för skörd av ensilage med hög kvalitet.*, SLU: Institutionen för biometri och teknik. Uppsala

Helbo Bjergmark, E., Kristensen, O., Mikkelsen, Atterman Nielsen, K. & Nyholm Thomsen, J. (2000). *Dyrkning af Grovfoder*. Tredje upplagan. 163 – 186. Århus: Landbrugsforlaget.

Holmes, W. (1989). *Grass, Its production and utilization*. Andra upplagan. 174 – 213. Blackwell Scientific Publications.

Holmqvist, R. (1978). *Ensilagesilor*. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 266. Östervåla: Tofters tryckeri AB.

Johansson, P., Ekelund, K. & Ascárd, K. (1982). *Systemlösningar för jordbrukets driftsbyggnader*. SLU, Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik. Stockholm: LTs förlag.

Jordbruksverket. 2003. Kostnadsdata 03 - Underlag för kostnadsuppskattning av lantbrukets produktionsbyggnader. Statens Jordbruksverk. Jönköping.

Kangro, A. (1986). *Lastmätningar i plansilo för ensilage*. SLU, Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik (LBT). Rapport 48. Lund.

McDonald, P., Henderson, A.R. & Heron, S.J.E. (1991). *The Biochemistry of Silage*. Chalcombe Publications, Marlow, Bucks.

Mejerland, L. (2003). Förtorkningsteknikens och förtorkningsgradens effekt på näringsmässig och hygienisk kvalitet. SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Uppsala.

Nilsson, C. (2011). *Ensilagedensitetens variation i två plansilor*. SLU, Lantbrukets byggnadsteknik (LBT). Intern rapport. Alnarp.

Spörndly, R., Everitt, B. & Berggren, M. (1988). *Ensilering- en biologisk process*. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.

Strid, I. & Flysjö, A. (2007). *Livscykelanalys (LCA) av ensilage*. Rapport MAT21 nr 3/2007. SLU Service / Repro, Uppsala, 2007. Tillgänglig: <http://www-mat21.slu.se/publikation/pdf/IngridS.pdf> [2012-05-14]

Svenska Träskyddsföreningen. Hemsida [online] 2012-05-10. Tillgänglig <http://www.traskydd.com/2/1.0.2.0/17/1/> [2012-05-10].

Wachenfelt, H. & Nilsson, C. (2012). Beräkningsunderlag för hållfasthetsdimensionering av väggar till plansilor för ensilage-pressvattennivåer. SLF-slutrapport. SLU, Lantbrukets byggnadsteknik (LBT). Alnarp.

Muntliga

Carl - Harry Tell, Backa Gård. Information träplansilo. Samtal vid flera tillfällen.

Underlag till kalkyler

Underlag till kostnadskalkylerna har inhämtats från följande företag och personer:

- Abetong
- Backa Gård
- Beijer byggmaterial
- Bygglant
- Byggmax
- Gällösa Betong och transport AB
- Lantmännen
- Lars Carlsson Trävaru AB
- Merassystemplåt AB
- Stena stål
- Sven-Inge Svensson, Kungsäter.
- Jan-Gunnar Andersson, Brodegård.

BILAGOR 1 - 3

Bilaga 1: Betongsilo, Abetong

Sammanställning lagring

Mått (invändigt) : Längd, 30 m. Bredd, 32 m (8*4). Höjd, 4 m. Avlastarplatta, 10 m bred.

Slänt: 19,6 % (Utgått från samma lutning som på träsilon och korrigerat för höjdskillnad).

Volym: $30 \times 32 \times 4 \times 0,804 = 3087 \text{ m}^3$

Densitet: 3 m höjd=220kg TS/m³ (Agriwise, 2012).

8 % ökning/m lagringshöjd (Nilsson 2011). = $220 \times 1,08 = 237,6 = 238 \text{ kg TS/m}^3$

Lagringskapacitet: $3087 \times 0,238 = 734,7 = 735 \text{ ton TS}$

Investeringskostnad, exkl moms (Offerterat pris, 1730 000 kr med alla element, pressvattenbrunn + ränna, 2L-stöd, gjutning av platta, fogning mm.)

Post	Antal st	Antal h	kr/st	kr/h	kr totalt
Markarbete, formning mm	1,045	200		320	66880
Cement 25kg	20		33,56		671
Grävning	1,045		8640		9029
Markvibrator	1		1575		1575
Gjutning 165m ²	24,75		1100		27225
Formvirke (meter)	300		4,8		1440
Formregel (meter)	60		10,2		612
Offert					1730000
Summa:					1837432

Kommentar:

Markarbete och grävning har ett påslag på 4,5 % för att kompensera att ytan på betongsilon är 4,5 % större än träsilon. Den extra gjutningen är för att kompensera en för liten avlastarplatta i offerten, med 165 m² extra ökas den från 5 m till 10 m bred. Arbete är svårast att jämföra eftersom i de siffror jag fått från träsilon är det inte uppdelat vad som är snickrande och vad som är arbete med grunden.

Underhåll, Behandling vart 3:e år med asfaltsfärg enligt rekommendationer från Abetong

Post	m ²	Liter	kr/L	kr/h	Totalt h	kr/år
Asfaltsfärg, 0,3 l/m ²	1088	326,4	40			4352
Arbete, 120 m ² /h	1088			180	9,07	544
Summa/år:						4896

kommentar: Arbetskapaciteten är en egen uppskattning, volymer från abetongs hemsida.

Drift kostnad

Post	m ²	längd	kr/m	kr/h	kr/år
Täckplast, 10 m bred	960	140	31,1		4354
Väggplast, 8 m bred	1088	140	24,8		3472
Plastning, 2*1 h/fack=8 h				180	1440
Täckning, 40 m ² /h	960			180	4320
Avtäckning, 36 m ² /h	960			180	4800
Summa/år:					13586

Kommentar:

Kapacitet för plastning är egen uppskattning, kapaciteten för täckning och avtäckning bygger på egna erfarenheter men kan självklart variera.

Eftersom väggarna plastas räknar jag inte med någon tvättning här.

Bilaga 2. Träsilo, gjutna väggar

Sammanställning lagring

Mått: (invändigt) : Längd, 35 m. Bredd, 24 m (8*3). Höjd, 4,5 m. Avlastarplatta, 10 m bred.

Slänt: 19,5 %. Baserat på mätningar från Backa Gård.

Volym: $35 \times 24 \times 4,5 \times 0,805 = 3043 \text{ m}^3$

Densitet: 3 m höjd=220 kg TS/m³ (Agriwise, 2012).

8 % ökning/m lagringshöjd (Nilsson 2011). = $220 \times 1,12 = 246,4 = 246 \text{ kg TS/m}^3$

Lagringskapacitet: $3043 \times 0,246 = 748,6 = 749 \text{ ton TS}$

Investeringskostnad, exkl moms

Post	Antal st	Antal h	kr/st	kr/h	kr totalt
Betong, ej pumpad m3	189		1100		207900
Betong, pumpad m3	330		1270		419100
Pumpbil, framkörning	3500		3		10500
Armeringsmatta, 9,7 m2	122		499		60878
Distans, 2 st/m2	2354		1,49		3507
Armeringsjärn kg, 12 mm	7268		11,55		83945
Markvibrator	1		1575		1575
Takjärn kg, 6*70 mm	1901		14,55		27660
Takplåt, m2	1020		60,5		61710
Väggplåt m2	330		53		17490
Virke	1		268951		268951
Formvirke (meter)	286,5		4,8		1375
Formregel (meter)	57		10,2		581
Hyra skylift	1		43655		43655
Pressvattenbrunn	1		23100		23100
L-stöd 2st(2 m hög)	2		4400		8800
Spik,skruv	1		25000		25000
Diverse	1		3359		3359
Arbete snickare		1700		320	544000
Eget arbete, markarb, mm		70		320	22400
Grävning		1		8640	8640
Frakter	1		22250		22250
Summa					1866377

Underhåll

Inga speciella krav på underhåll, tryckimpregnerat ska motstå röta minst 20år
(Svenska Träskyddsföreningen, 2012)

Driftskostnad

Post	m2	längd	kr/m	kr/h	kr/år
Täckplast, 10 m	840	120	31,1		3732
Tvättning, 400 m2/h	1807			180	813,15
Täckning, 40 m2/h	840			180	3780
Avtäckning, 36 m2/h	840			180	4200
Summa/år					8325,2

Kommentar: Har räknat med 5m extra plast vid täckning av varje silo.

Bilaga 3. Takkostnad Betongsilo

Inflation: 2 %

Gård 1: Tre bärande rader med betongstolp,
överligande stål balkar med plåttak, ingen väggbeklädnad
1584 m² tak för ca 1000 000 (10 år sedan)
 $1000\ 000 * 1,02_{10} = 1\ 218\ 994\text{kr} = 769\text{ kr/m}^2$

Gård 2: Bärande betongstolp i ytterkant med öveliggare i betong,
ovanpå fackverkstakstol med plåttak. Väggbeklädd i plåt.
756 m² tak för ca 650 000 kr (10 år sedan)
 $650\ 000 * 1,02_{10} = 792\ 346 = 1048$

Tak Bygglant: Fribärande tvåledsbågar, betongplintad grund.
Takplåt och plåt som väggbeklädnad.
1080 m² för 1560 000kr = 1444 kr/m²

Pris /m²: $1444 + 1048 + 769/3 = 1087\text{ kr/m}^2$

Tak betongsilo: $1080\text{ m}^2\text{ takyta} * 1087 = \mathbf{1\ 173\ 960}$